

高圧製団, 高温還元焼成併用による粉鉄鉱より高還元度ブリケットの製造に関する研究(第4報) : 砂鉄を原料とした還元焼成ブリケットの品質におよぼす製団圧, 粘結剤添加量および原料中の水分の影響

その他（別言語等） のタイトル	Studies on Production of Highly-reduced Briquettes from Powdered Iron Ore by Means of High-pressure Briquetting following High-temperature Reducing Firing in Succession (4) : Effect of Briquetting Pressure, Quantity of Binder added and Moisture in Raw Materials on Qualities of Reduced Briquettes from Magnetic Iron Sand
著者	田中 章彦, 片山 博
雑誌名	室蘭工業大学研究報告
巻	5
号	2
ページ	939-947
発行年	1966-05-25
URL	http://hdl.handle.net/10258/3289

高圧製団，高温還元焼成併用による粉鉄鉱より高還元度 ブリケットの製造に関する研究（第4報）

砂鉄を原料とした還元焼成ブリケットの品質におよぼす
製団圧，粘結剤添加量および原料中の水分の影響

田中章彦・片山 博

Studies on Production of Highly-reduced Briquettes from Powdered
Iron Ore by Means of High-pressure Briquetting following
High-temperature Reducing Firing in Succession (4)
Effect of Briquetting Pressure, Quantity of Binder added and
Moisture in Raw Materials on Qualities of Reduced
Briquettes from Magnetic Iron Sand

Akihiko Tanaka and Hiroshi Katayama

Abstract

After preceding reports, we studied effects of briquetting pressure, quantity of binder and moisture in raw materials on quality of reduced briquettes from iron sand.

Results are as follows:

- (1) Although applied pressure for briquetting effects little on compressive strength and degree of reduction of fired briquettes, green briquettes are too brittle to handle when low pressure below 1,000 kg/cm² is applied.
- (2) Increasing of binder lowers degree of reduction and compressive strength. Therefore, suitable quantities of pitch for binder are 1 to 3%.
- (3) In early period of firing, briquettes are in a porous state because binder is burned away. In order to prevent this phenomenon, applying high briquetting pressure is effective.
- (4) Maximum percentage of moisture in green briquettes is 5 to 6% when briquetting pressure over 2,100 kg/cm² is applied. In this range, quantities of moisture have little effect on properties of fired briquettes.

I. 緒 言

砂鉄，微粉炭および少量の粘結剤の混合粉を高圧製団，高温還元焼成を行なうことにより，高炉ならびに電気炉製鉄に適する高還元度，高強度のブリケットが得られることは既に報告したとおりである^{1)~5)}。

著者らはその後，北海道工業 K.K. の御協力により，工業生産規模の製団機ならびに小型試験用焼成炉を使用し，数々の工業化試験をおこない，おおむね所期の目的を達成しつつある

が、この経験より生ブリケットの強度ならびに焼成初期の熱間強度が焼成炉中でのブリケットの粉化率に大きな影響をあたえ、ひいては製品歩留、生産能率を支配することがわかった。その改善の基礎として、改めて上述の強度および製品の品質におよぼす製団圧ならびに粘結剤の種類と添加量の影響について検討した。

また従来の報告はいずれも乾燥状態の原料を対象としたものであったが、工業的生産にあたっては原料を常に乾燥状態に得ることは困難であり、このための相当の設備、費用、労力を要する。したがって原料中の水分の多少が生産工程また製品の品質にいかなる影響をあたえるかは十分に検討を要する問題である。この意味で著者らは原料中に故意に水分を加え、製団焼成し、生ブリケットならびに焼成ブリケットの性質をしらべた。

以上二つの目的で行なった諸実験の結果、いくつかの興味ある事実を知ることができたのでここに報告する。

II. 実験試料および方法

本研究に使用した砂鉄は前報と同じく北海道噴火湾沿岸において採掘選鉱され、北菱産業 K.K. 伊達工場において磨砕されたものである。その化学組成ならびに粒度分布は表-1、表-2 に示す。砂鉄は A, B 2 種を使用した。A は幾分低品位で粒度が細かく、B はこれに対して高品位粗粒であるが、これはこの点を特に意識して比較使用したものではない。

表-1 原料砂鉄の化学組成 (%)

種 別	成					分			
	T.Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	
砂 鉄 A	52.14	30.18	40.90	9.19	3.12	1.24	2.87	8.27	
砂 鉄 B	58.32	34.55	44.98	3.87	2.80	0.61	3.39	9.68	

表-2 原料砂鉄の粒度分布 (%)

種 別	メ ッ シ ュ					
	48~100	100~150	150~200	200~250	250~325	-325
砂 鉄 A	0	5.2	6.7	7.0	16.2	64.9
砂 鉄 B	0.6	30.0	23.8	12.2	11.4	22.0

石炭は夕張産粘結性粉炭を磨砕篩分し、100~150 メッシュに整粒し使用した。その工業分析値は表-3 に示す。粘結剤としては各種のものを試験したが、ピッチ以外はあまり良好なる結果が得られず、これについては本報では省略することとする。使用ピッチは JIS 規格ピッチコークス用で、その標準工業分析値は表-4 に示されるものであるが、これを -100 メッシュに磨砕篩分して使用した。実際に使用したピッチ粉を本研究の目的のために石炭とまったく同じ方

表—3 石炭およびピッチの工業分析値（%）

種 別	成 分			
	水 分	揮 発 分	固 定 炭 素	灰 分
タ 張 炭	1.29	40.04	50.56	8.11
ビ ッ チ	0.25	59.50	40.08	0.17

表—4 使用ピッチの標準工業分析値

軟 化 点	ベンゾール不溶分	揮 発 分	固 定 炭 素	灰 分	粘結力指数
68.5°C	10.24%	52.29%	47.66%	0.06%	37.42

法で分析した結果は表-3に示される。

砂鉄，石炭，ピッチの配合比については各実験目的にしたがってそれぞれ異なっているの、これは後に各実験結果を述べるにあたりそれぞれ示すこととする。

原料の含水量の影響を検討する諸実験においては，配合原料に水を撒布し，十分に混合し長時間放置後製団し，これを恒温器中で放置中適宜2個ずつ同時にとり出し，その1個は各試験に供し，他の1個をもって直ちに水分を測定し，試験試料の含水量とした。水分測定法としては2,3の方法を試みたが，このような試料に対してはそれぞれ長短があり，結局乾燥減量法にしたがった。この乾燥中に試料は幾分の臭気を発し，ピッチ中の揮発分も気化放散するものと思われるが，実測の結果この量はきわめて微量であり，乾燥減量をもって水分量としても数値的にはその誤差はほとんど無視し得ることを確認した。

製団法，焼成法ならびに生ブリケット，焼成ブリケットの各試験法は前報³⁾とまったく同一であるので省略する。

II. 実験結果およびその考察

本法による高還元度ブリケットの工業的生産にあたり，最大の問題点は生ブリケットのハンドリング中およびその焼成初期の炉内粉化である。したがって生ブリケットが十分な強度をもつこと，焼成初期の強度低下がいちじるしくないことが必要である。以上により本研究では焼成ブリケットの経済価値を決定する還元度，残留炭素量，強度とともに，上記2点を各条件において主として比較検討することとした。

1. 製団圧およびピッチ量の影響

本研究にさきだち，タール，重油等の各種粘性物質を粘結剤として同様の試験を行なったが，いずれもピッチと比較してあらゆる面で劣る結果を示した。これはピッチが団鉱にあたり，圧縮熱により適当に軟化流動化し，鉱石，石炭の各粒子間を十分に拡散浸透し，団鉱後冷却により粘性を増し，十分な結合効果をはたすことによるものと考えられる。したがって，ピ

ッチの添加量は団鉍圧とも関係があり、二者切り離しては論じ得ぬことを予測し、製団圧、ピッチ量のいろいろな組合せについて同時に試験を行なった。

従来の成果より砂鉄石炭の基礎配合比を 80:20 とし、これに 0, 3, 5, 10% のピッチを添加混合したものをブリケット 1 個につき 500, 1,000, 2,500, 5,000 kg の各圧で圧縮して得た生ブリケットの耐圧強度の変化は図-1 に示される。強度は製団圧の大なる程、またピッチを多量に添加する程大となる。特に製団圧の効果はいちじるしく、従来 5,000 kg (約 2,100 kg/cm²) の圧を使用していたが、これ以下では十分強固なブリケットは望み得ないと思われる。ピッチの添加量も 3% 程度は必要であろう。しかし工業的なロール式の連続製団においてはロールが圧縮熱により加温され、ピッチの粘結効果をますため、これにより幾分低い製団圧でも強固なブリケットを得ることができると推定される。

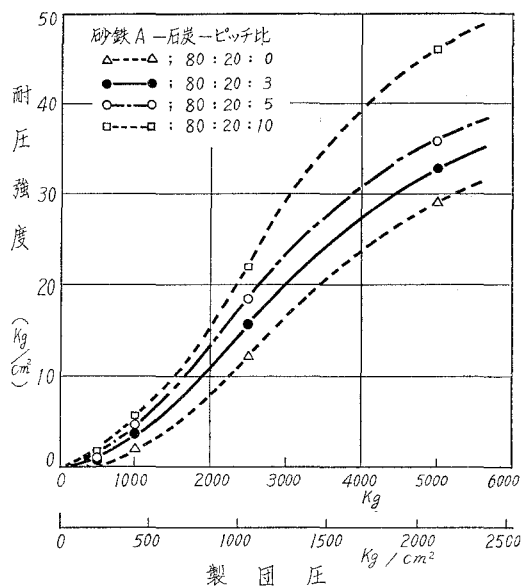


図-1 生ブリケットの強度におよぼす製団圧およびピッチ配合量の影響

図-2 は砂鉄、石炭比 80:20 に対し、ピッチ添加量 3% と一定し、1,000, 3,000, 5,000 kg の各圧で製団した試料を 1,250°C で焼成した場合の還元度および残留炭素量の変化を示すものである。製団圧は還元の進行にはほとんど関係なく、いずれの試料も焼成初期は急速に、15 min 以後はきわめてゆるやかな還元の進行を示す。

次に製団圧を 5,000 kg と一定にし、ピッチの配合量を 0, 3, 5% と変化せしめ 1,250°C で同様に焼成した場合の還元度、残留炭素量の変化を示すと図-3(a) のようである。ピッチの添加量をますにしたがい到達還元度が低下し炭素を多く残留する傾向が明らかである。これは前

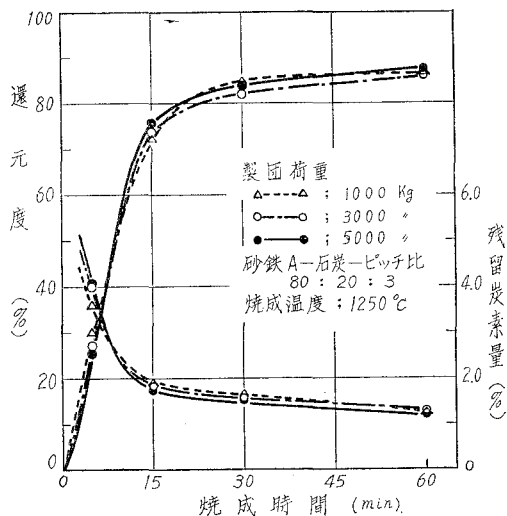


図-2 焼成ブリケットの還元度および残留炭素量におよぼす製団圧の影響

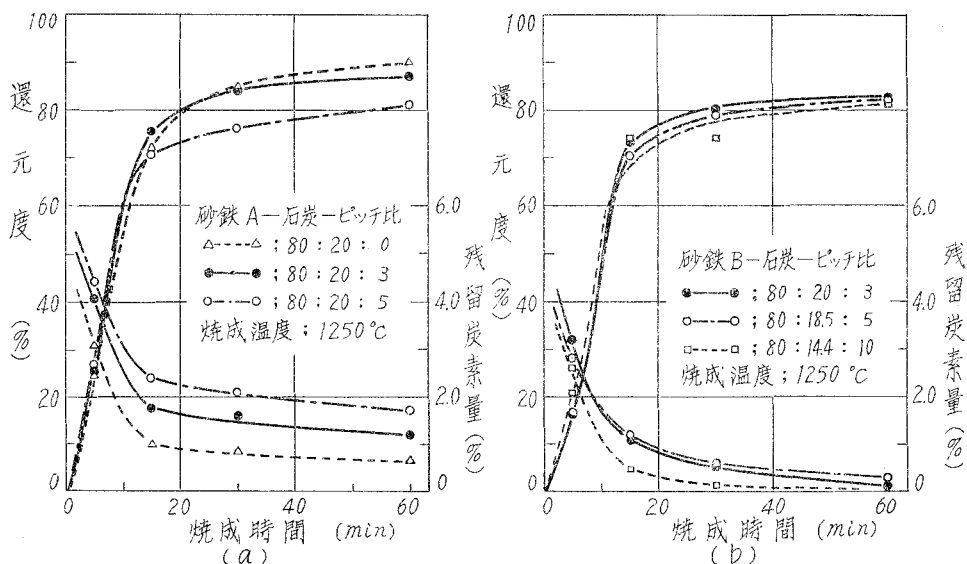


図-3 焼成ブリケットの還元度および残留炭素量におよぼすピッチ配合量の影響

報³⁾における配合炭素量が多過ぎる場合と傾向が類似していることから、ピッチ添加量を増した場合には石炭配合量を低下さすべきではないかと考え、試みにピッチ量を高めるにしたがい配合全固定炭素量を一定に保つように石炭配合量を減少させ試験を行なった。表-3より計算の結果ピッチ添加量3, 5, 10%に対するこのような石炭配合量はそれぞれ20, 18.5, 14.4%となる。これらの配合に対して図-3(a)と同じ条件で各時間焼成を行なったところ図-3(b)に示す結果が得られた。すなわちこの場合には3種の配合試料ほとんど一致した還元の進行状態を示す。以上より、焼成ブリケットの還元度は石炭、ピッチ各々の固定炭素の含量に多く支配されるということができよう。

図-4は各製団圧、各ピッチ添加量の生ブリケットを1,300°C, 20 min 焼成したものの耐圧強度を示す。このような材料の耐圧強度測定における偏差範囲を考慮すると、焼成ブリケットの耐圧強度は製団圧にはほとんど無関係であるが、ピッ

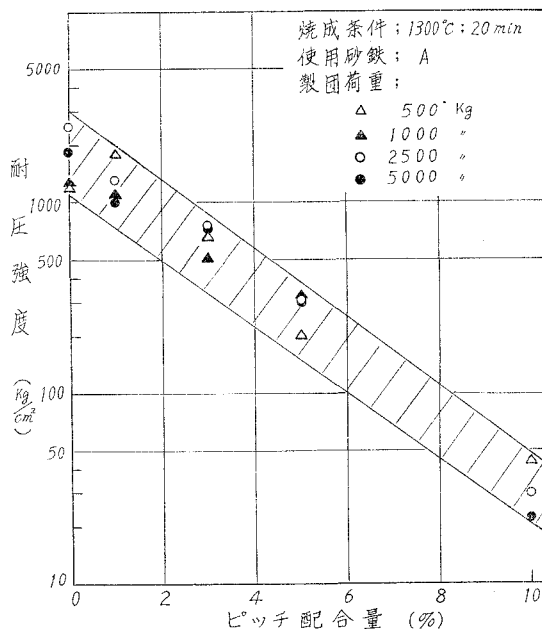


図-4 焼成ブリケットの強度におよぼすピッチ配合量および成形圧の影響

チ添加量を増すといちじるしく低下することがわかる。

次に製団圧を5,000 kgに一定し、砂鉄、石炭、ピッチの配合比 80:20:3, 80:18.5:5, 80:14.4:10 の3種のブリケットの焼成時間にもともなう耐圧強度の変化を示すと図-5 のようである。数値の上である程度の誤差はまぬかれぬが、ともに焼成初期すなわち5~10 minにおいて、いちじるしい脆化域があることがわかる。これは粘結剤の揮発燃焼による消耗によりピッチによる粘結作用が失なわれ、ブリケットがきわめて多孔質となり、一方還元はまだまだ十分に進行せず、還元鉄の凝集結合が開始されていぬことによるもので、これは前述のように工業炉における焼成の場合ブリケットの炉内粉化をもたらす大きな原因となり非常に重大な問題である。この原料配合ではいずれの場合も 20 kg/cm² 程度まで強度が低下していることに注目せねばならぬ。なお、この現象に対する製団圧、ピッチ添加量の影響を知るには測定偏差の大きな耐圧強度では明確に知ることができないので、強度に最も大きい影響をあたえると思われる見掛け密度の焼成時間に対する影響をしらべて見た。この結果は図-6、図-7に示される。図-6は標準配合比 80:20:3 の試料を各製団圧で団鋳し 1,250°C で

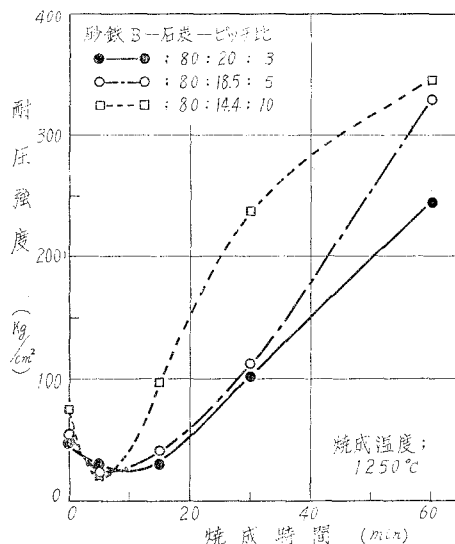


図-5 焼成ブリケットの強度におよぼすピッチ配合量の影響

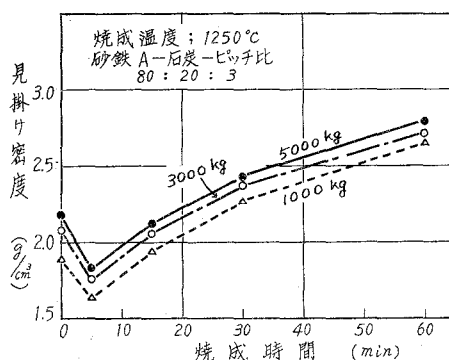


図-6 焼成ブリケットの密度におよぼす製団圧の影響

各時間焼成したものの密度変化を示す。製団圧の差によって生じた密度差が各時間の焼成後もそのまま保有され、特に5 min 焼成の場合などは空隙がはなはだ大きく、製団圧の低いものはきわめて脆弱となり工業的焼成の場合、大きな問題であるように思われる。図-7はピッチ量の変化による見掛け密度の変化であり、80:20の砂鉄、石炭基礎配合にピッチの各量を加えた場合、すなわち(a)においては3曲線に大きなひらきが見られ、ピッチ量を増すほど、焼成ブリケットは多孔質になり、還元も進まず、脆弱になる。しかしながら、ピッチ添加量を増すにしたがい、全固定炭素量が一定値を保つように石炭配合量を減じた場合(b)は3曲線に大きな差がなくなり、ピッチ添加量を増しても、比較的緻密なブリケットが得られることがわかる。

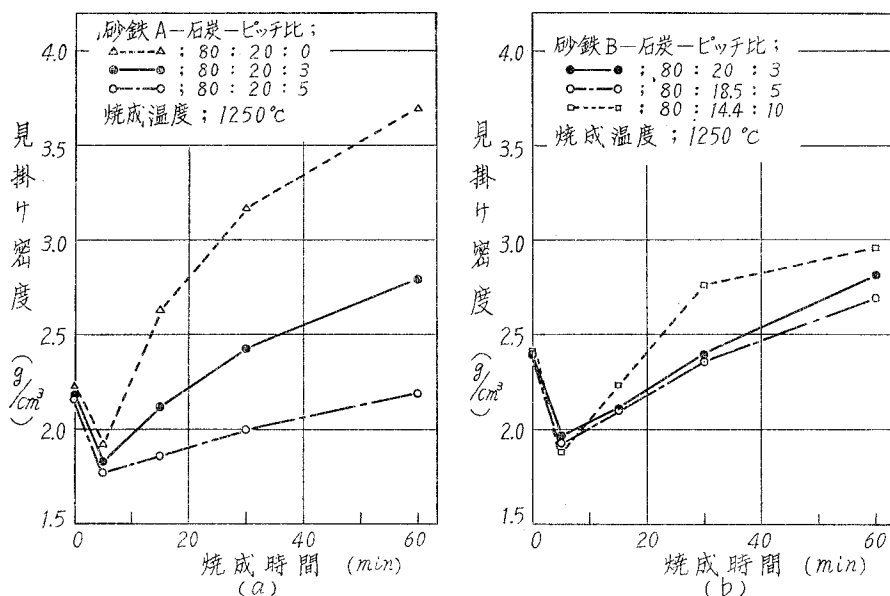


図-7 焼成ブリケットの密度におよぼすピッチ配合量の影響

2. 原料中の水分の影響

原料中に水分がいかに多量に含まれても，これを高圧で圧縮成形すると水分は絞り出され，団鉱中にはある限度以上の水分は含まれ得ない。このことは団鉱工程やその能率には影響するところ大であるが，絞り出された水を適当に処理できればこの限度以上の水分は考慮に入れる必要がないことになる。我々の実測の結果では $2,100 \text{ kg/cm}^2$ の圧のもとで $17 \text{ mm} \times 17.4 \text{ mm} \phi$ の円筒形ブリケットを静圧により作製する場合，この含水最高限は 5~6% であった。したがって，以下 5% 以下の水分をもつ生ブリケットおよびこれから作った焼成ブリケットの含水量による諸性質の変化を記す。

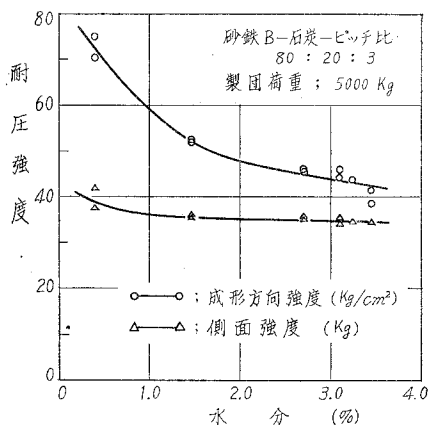


図-8 生ブリケットの強度におよぼす水分の影響

図-8 は水分含有量による生ブリケットの強度の変化を示す。水分の増加にしたがいブリケットの強度は低下を示す。側面強度の場合は強度低下はそれほどいじむるものではないが，圧縮方向の強度は 2% 程度の含水量でも相当の低下を示す。ただしそれ以上では大きな低下を示さない。しかし約 4% の含水量でも 40 kg/cm^2 の強度をもつのでこの原料および配合比においては実際上問題にならぬと考えられる。

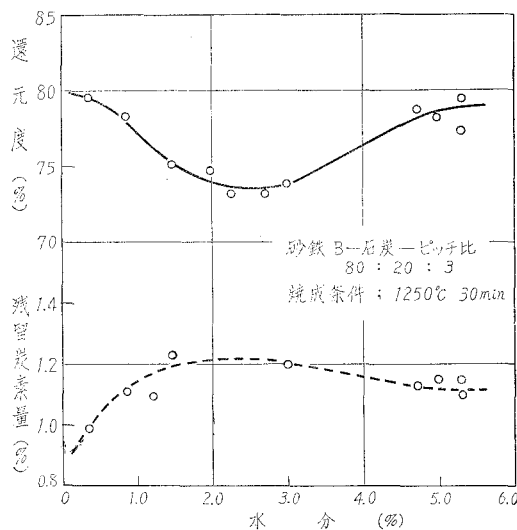


図-9 焼成ブリケットの還元度および残留炭素量におよぼす水分の影響

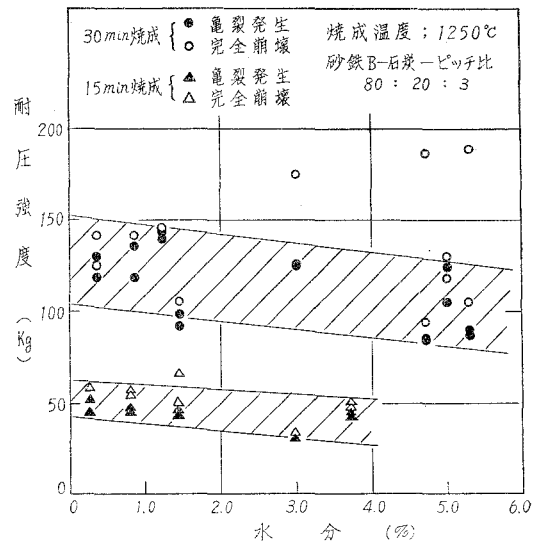


図-10 焼成ブリケットの強度におよぼす水分の影響

図-9は80:20:3の基礎配合5,000 kgの製団圧のブリケットを1,250℃、30 min 焼成した場合の含水量による焼成ブリケットの還元度ならびに残留炭素量の変化を示す。還元度は含水量の増加にしたがって低下し2~3%で約5%の低下を見るが、これ以上水分が含まれると逆に上昇し5%ではもとの値に近くなる。残留炭素もこれにともなった変化を示し2~3%で高い値を示す。この現象は現在のところ解釈できないが、水分の多少による団鉱組織の変化によるものでないかと推定している。

図-10は図-9と同じ配合で同じ温度で焼成したブリケットの含水量による耐圧強度の変化を示す。含水量が高くなるとブリケット内にかすかな亀裂が生じやすく、この亀裂は焼成間に多く再融結するが、この亀裂の分布状態により強度値に偏差を生じやすい。しかし、図に示されるように、亀裂の開始点のみを見ると、ある誤差範囲内で15, 30 min 各焼成時間の測定値が一つの傾向を示すことがわかる。すなわちブリケットの含水量がますます下がれば強度は低下を示す。ただこの低下はそれ程大きなものでなく、実用上は焼成ブリケットの強度に対して、原料中の水分量はほとんど影響をおよぼさないと考えてよいと思う。

IV. 結 言

本題の研究報告第1, 2, 3報にひきつづき、本報では高圧製団、高温還元焼成併用による高還元ブリケットの製造における製団圧、粘結剤添加量および原料中に含まれる水分が諸工程ならびに製品である焼成ブリケットの品質におよぼす影響を確かめる諸実験結果を報告し、考察を行なった。

得られた成果を総括すると次のようである。

(1) 製団圧は $2,000 \text{ kg/cm}^2$ 程度が望ましく、これ以下であると生ブリケットの強度が低下し、また焼成初期の脆化もいちじるしく、工業炉による焼成では粉化し歩留を下げるとともに操業を困難ならしめることが考えられる。ただし焼成ブリケットの還元度ならびに耐圧強度には大きな影響がない。

(2) 粘結剤としてはピッチが理想的で圧縮熱により十分な粘結効果を示す。添加量は3%程度が適当と思われる。これより多いと生ブリケットの強度は高いが焼成ブリケットの強度、還元度ともに低下する。特に焼成初期の脆化がいちじるしい。ただしピッチ量を増した場合これに応じて石炭配合量を減ずるとその害はない。

(3) 配合原料は乾燥状態であることが望ましく、原料の含水量が増すと生ブリケットの強度、焼成ブリケットの還元度、強度を幾分減少する傾向が見られる。ただし多量に水分が含まれても $2,000 \text{ kg/cm}^2$ 程度の圧で形成すると水分が絞り出され、生ブリケット中には6%以上の水分は含まれなく、この範囲ではその影響は小さく工業的にも特に問題となることはないと思われる。

本研究の実施にあたり北海道工業 K.K. の御支援をいただいた。また実験の一部は工学士 広瀬浩司，高井宏志両君が担当した。ともに謝意を表する。 (昭和41年4月30日受理)

文 献

- 1) 田中章彦・片山 博：鉄と鋼，**50** (11)，1667 (1964).
- 2) 田中章彦・片山 博：鉄と鋼，**50** (11)，1669 (1964).
- 3) 田中章彦・片山 博：室工大研報，**5**，35 (1965).
- 4) 田中章彦・片山 博：室工大研報，**5**，47 (1965).
- 5) 田中章彦・片山 博・田中弘史：室工大研報，**5**，57 (1965).